Conjectura da Radiação de Antimatéria

Thiago Ventura
São Paulo, SP, Brasil
12 de junho de 2025

Intuito Deste Documento

O presente esboço físico visa descrever como a antimatéria e a matéria se relacionam na estrutura cósmica. O intuito principal desta conjectura é descrever as razões que levam a uma assimetria nas quantidades de matéria e antimatéria no Universo.

Descrição dos Primeiros Esboços

28/08/2021 - São Paulo, 20h16

Esta conjectura descreve como a matéria se relaciona com a antimatéria, e visa explicar ou compreender por que existe uma diferença nas quantidades de matéria e antimatéria no universo conhecido.

Este artigo foi construído em 2020 durante a pandemia, mas a maior parte das ideias provém de conceitos desenvolvidos ao longo de anos de leitura e reflexão. Esta é a primeira versão da conjectura, e espero que ela continue a crescer.

Começamos analisando as equações de buracos negros e singularidades para determinar eventos que, dentro dos buracos negros, poderiam gerar uma mudança nas cargas das partículas, e tentar determinar como este fato pode desenvolver a forma do universo.

Conjectura da Radiação de Antimatéria

Buracos Negros, Singularidades e a Geração de Antimatéria

A conjectura propõe que buracos negros e singularidades desempenham um papel crucial na geração e na assimetria de matéria e antimatéria no Universo. A ideia central é que eventos dentro ou nas proximidades do horizonte de eventos (H.E.) de um buraco negro podem alterar as cargas das partículas, levando à formação de antipartículas.

As equações iniciais exploradas na página 2 do esboço parecem indicar uma relação entre a constante gravitacional (G), massa (M) e um raio (R), possivelmente associada à curvatura do espaço-tempo ou a um limite de densidade. A relação $G = \frac{1}{\sigma^2}$ (onde σ poderia representar um parâmetro de escala ou densidade, como inferido de um esboço anterior) não é uma forma padrão da constante G, mas sugere uma dependência da gravidade com alguma característica do espaço-tempo.

A equação identificada como $V^2 = \frac{R}{2GM}$ é peculiar e difere da velocidade de escape tradicional ($V_{esc}^2 = \frac{2GM}{R}$) [1]. A forma proposta, $V^2 = \frac{R}{2GM}$, sugere que V é inversamente proporcional a $\sqrt{GM/R}$. Se R é a distância radial e M é a massa, essa relação pode ser interpretada de várias maneiras em um campo gravitacional extremo:

- **Interpretação da Inércia Modificada:** A conjectura afirma que "velocidades maiores (implicam) menor inércia"e "velocidades menores (implicam) maior inércia". Esta é uma inversão da relação da relatividade especial, onde a inércia (massa relativística) aumenta com a velocidade. Em um **campo gravitacional extremo**, a inércia efetiva de uma partícula ou sistema pode ser modificada de forma não-trivial.

  Pode-se conceber um "fator de inércia"$\mathcal{I}$ que é uma função da coordenada radial r e da velocidade v no referencial do observador. Se a inércia se torna inversamente proporcional à velocidade em certos regimes, isso sugere uma modificação profunda das leis da mecânica em gravidade forte. Por exemplo, a "inércia"pode ser vista como uma resistência ao movimento. Próximo à singularidade ($R \to 0$), $\frac{R}{2GM} \to 0$, o que implicaria $V^2 \to 0$. Se V representa uma velocidade "local"ou intrínseca ao sistema, isso significaria que, perto do centro, as velocidades tendem a zero, e a inércia seria máxima. A sua proposição de "velocidades maiores, menor inércia"pode se referir a uma inércia que diminui à medida que o objeto se afasta do centro de gravidade extremo ou que a velocidade (em um referencial "externo"ou de coordenação) aumenta.

  Matematicamente, uma massa efetiva m_{eff} dependente da curvatura e velocidade poderia ser introduzida:

  $$m_{eff}(r, v) = m_0 \cdot f\left(\frac{2GM}{rc^2}, v\right)$$

  onde f é uma função que captura o comportamento inverso. A equação $V^2 = \frac{R}{2GM}$ poderia então ser interpretada como uma forma simplificada de uma relação de energia ou momentum, onde a energia cinética $T = \frac{1}{2}m_{eff}V^2$ se comporta de maneira não linear e a inércia m_{eff} pode diminuir com o aumento de V em certas condições, ou aumentar drasticamente quando V se aproxima de zero perto da singularidade.

O Horizonte de Eventos e a Alteração de Propriedades Fundamentais: Carga e Cor

A conjectura sugere que, partindo do centro do H.E. (a singularidade) em direção à sua borda, as velocidades percebidas são menores (ou a inércia é maior), indicando uma forte distorção do espaço-tempo. No centro, essa distorção é mais tênue.

A ideia central é que:

> Quanto maior um Horizonte de Eventos, mais intensa é a distorção do **campo gravitacional extremo** e, portanto, mais provável é detectar-se mudanças nas **cargas e cores das partículas para seus respectivos opostos**, implicando uma **inversão de carga**.

Isso implica um mecanismo onde o ambiente de campo gravitacional extremo do buraco negro, especialmente a curvatura intensa do espaço-tempo, pode induzir

a transição de matéria para antimatéria (ou vice-versa) através da alteração de suas propriedades fundamentais:

- **Carga Elétrica:** Partículas carregadas (como elétrons com carga $-e$) poderiam ser transformadas em suas antipartículas (pósitrons com carga $+e$). Isso é uma violação da conservação de carga em sistemas isolados, um princípio fundamental da física [7].
- **Carga de Cor:** Quarks e glúons, que possuem uma propriedade chamada "carga de cor"(vermelho, verde, azul), também poderiam ter sua carga de cor invertida ou transmutada em sua antipartícula de cor correspondente (anti-vermelho, etc.). Isso implicaria em interações que vão além da Cromodinâmica Quântica (QCD) padrão [7].

Tal mecanismo seria fundamental para explicar a assimetria bariônica observada no Universo, onde há muito mais matéria do que antimatéria [3].

Mecanismos Especulativos para Alteração de Carga e Cor

A alteração de carga e cor de partículas em um campo gravitacional extremo é uma ideia que vai além do Modelo Padrão e da Relatividade Geral clássica. Para que isso ocorra, seria necessário um acoplamento direto e não-trivial entre as partículas (ou seus campos) e a geometria do espaço-tempo. Algumas vias especulativas para isso, e como poderiam ser equacionadas:

- **Lagrangiana de Acoplamento Gravidade-Partícula-Carga/Cor:** As interações são descritas por termos na Lagrangiana ($\mathcal{L}$). Para que a curvatura do espaço-tempo (descrita, por exemplo, pelo tensor de Ricci $R_{\mu\nu}$ ou escalar de curvatura R) afete a carga ou cor, um termo de interação que misture o campo gravitacional e os campos de matéria/gauge seria necessário.

  Para um campo de férmion ψ (partícula) e campos de gauge A_μ (eletromagnético) e $G^a_{\mu\nu}$ (glúons, para cor), um termo que quebre a conservação de carga/cor em alta curvatura poderia ser:

  $$\mathcal{L}_{\text{violação}} = \frac{1}{\Lambda^n}\sqrt{-g}\,\mathcal{F}(R_{\mu\nu\rho\sigma})\,\mathcal{O}_{\text{carga/cor}}(\psi, A_\mu, G^a_{\mu\nu})$$

  Onde:

  * Λ é uma escala de energia (como a escala de Planck $M_P \sim 10^{19}$ GeV) onde esses efeitos quânticos da gravidade se tornam relevantes. O expoente n dependeria da dimensão dos operadores.
  * $\sqrt{-g}$ é o determinante da métrica, garantindo invariância.
  * $\mathcal{F}(R_{\mu\nu\rho\sigma})$ é uma função escalar da curvatura do espaço-tempo (e.g., R, $R_{\mu\nu}R^{\mu\nu}$). Em campo gravitacional extremo, essa função seria grande.
  * $\mathcal{O}_{\text{carga/cor}}(\psi, A_\mu, G^a_{\mu\nu})$ é um operador que representa a carga elétrica ou de cor da partícula. A violação de conservação de carga (e.g., para o número bariônico ou leptônico) implicaria em termos que não conservam a carga U(1) ou SU(3) usual.

Um exemplo mais específico para inversão de carga, poderíamos imaginar um termo de massa ou interação que se "transforma"sob certas condições extremas:

$$\mathcal{L}_{\text{inversão de carga}} \propto f(R_{\mu\nu}) \cdot (\bar{\psi} C \psi^*) \quad \text{ou} \quad f(R_{\mu\nu}) \cdot (\bar{\psi} \gamma_5 \psi)$$

onde C é a matriz de conjugação de carga, e γ_5 pode induzir termos que ligam estados de quiralidade diferentes, potencialmente levando a violação de simetrias de paridade que podem ser ligadas à carga.

– **Violação CPT e Gravidade Quântica:** A simetria CPT (Carga-Paridade-Tempo) é uma das simetrias mais fundamentais da física. A conjectura da inversão de carga/cor implica que a simetria CPT poderia ser violada em ambientes de gravidade extrema. Em teorias de gravidade quântica, onde o espaço-tempo é quantizado, a violação CPT pode ser uma consequência natural em certas abordagens [4]. Isso poderia ser modelado por termos de campo na Lagrangiana que são sensíveis ao fundo gravitacional e que não são CPT-simétricos.

– **Radiação de Hawking Modificada para Viés de Antimatéria:** A radiação de Hawking [2] descreve a emissão de pares partícula-antipartícula por buracos negros devido a efeitos quânticos próximos ao H.E. A sua conjectura pode estender essa ideia para postular que, devido às condições extremas do buraco negro e à possível topologia não orientável, a emissão de antipartículas (ou a transmutação de partículas que caem no buraco negro em antipartículas que são ejetadas) pode ser preferencial, contribuindo para o balanço de antimatéria no universo.

O espectro da radiação de Hawking é geralmente térmico. Para introduzir um viés de antimatéria, o cálculo quântico de campos em espaço-tempo curvo precisaria ser modificado. Isso poderia ser modelado pela inclusão de um "potencial químico"para antipartículas ($\mu_{\bar{p}}$) no fator de Boltzmann, ou por uma modificação das condições de contorno no H.E. que favoreça a antimatéria.

$$\frac{d^2 N_{\bar{p}}}{dE d\Omega} \propto \frac{E^2}{e^{(E-\mu_{\bar{p}})/k_B T_H} + 1}$$

Onde $N_{\bar{p}}$ é o número de antipartículas emitidas, e $\mu_{\bar{p}}$ seria gerado pela interação do campo de partículas com o campo gravitacional extremo e/ou a topologia não-orientável.

Topologia do Espaço-Tempo e Superfícies Não Orientáveis

A conjectura da Radiação de Antimatéria introduz explicitamente o conceito de que a **geometria espaço-temporal nas bordas do Horizonte de Eventos utiliza superfícies não orientáveis**, como a fita de Möbius ou a garrafa de Klein. Essa é uma ideia crucial que fornece um mecanismo para a inversão de carga e cor.

* **Superfícies Não Orientáveis e a Inversão de Propriedades:** Em uma superfície não orientável, um objeto ou um campo (como um campo de partícula) que viaja ao longo de um ciclo fechado pode retornar ao

seu ponto de origem com sua orientação (ou, por analogia, suas propriedades intrínsecas como carga, spin, ou cor) invertida [6]. Imagine uma flecha em uma fita de Möbius que, ao retornar ao ponto inicial, aponta na direção oposta. Aplicado à física de partículas, isso significa que: * Uma partícula com carga Q que "percorre"um ciclo não-orientável no espaço-tempo próximo ao H.E. pode se transformar em uma antipartícula com carga $-Q$. * Similarmente, um quark com uma cor específica (e.g., "vermelho") pode se transformar em um anti-quark com a cor oposta ("anti-vermelho").

– **Equações de Superfícies Contínuas e Interação Topológica:** O formalismo matemático para descrever essas superfícies não orientáveis e a interação com os campos de partículas envolveria a geometria diferencial e a topologia. Equações de superfícies contínuas em espaços curvos são dadas implicitamente pela métrica do espaço-tempo. A presença de uma topologia não-orientável seria um atributo global do espaço-tempo, não necessariamente capturado por equações locais. No entanto, a interação dos campos com essa topologia se manifestaria.

  A interação de campos quânticos com a topologia do espaço-tempo pode ser descrita usando o conceito de transporte paralelo e holonomia. A "holonomia"é a mudança que um vetor sofre quando é transportado paralelamente ao longo de um caminho fechado em um espaço curvo. Em uma variedade não-orientável, a holonomia pode incluir uma operação de "reflexão"ou "inversão"das propriedades do campo.

  Para um campo de férmion ψ e um caminho γ que é um ciclo não-contratível na superfície não-orientável que forma o H.E.:

$$\psi_f = \mathcal{U}(\gamma)\psi_i$$

  onde $\mathcal{U}(\gamma)$ é um operador de transporte que, devido à topologia não-orientável, contém uma transformação que inverte a carga (ou cor):

$$\mathcal{U}(\gamma) = C \cdot P \cdot T \cdot \text{TransformaçãoGauge}(\theta_{\text{topológica}})$$

  onde C é o operador de conjugação de carga, P é o operador de paridade, e T o operador de inversão temporal. A presença de C e talvez P ou T no operador de transporte resultaria em uma violação efetiva da simetria CPT ou de outras simetrias discretas, induzida pela topologia. Essa "inversão"é uma maneira elegante de conectar a geometria global do espaço-tempo com as propriedades fundamentais das partículas, explicando como a gravidade extrema pode afetar as características de carga e cor.

Implicações para a Forma do Universo

A forma como essa alteração de carga e cor se desenvolve dentro dos buracos negros pode, segundo a conjectura, moldar a forma do Universo. Se grandes quantidades de antimatéria são geradas e, talvez, ejetadas de alguma forma (ou aniquiladas de maneiras que afetam a estrutura do espaço-tempo), isso poderia influenciar a distribuição de massa, a curvatura em larga escala e a evolução cosmológica. A interação e aniquilação subsequente de matéria e antimatéria liberam grandes quantidades de energia, o que pode influenciar a dinâmica da expansão cósmica.

Conexões com Outras Conjecturas

A conjectura da Radiação de Antimatéria se conecta com outras ideias desenvolvidas:

* **Conjectura da Unificação:** A ideia de que as forças e entidades (matéria, energia, espaço-tempo) são unificadas sob condições extremas. A alteração de carga e cor em singularidades poderia ser uma manifestação dessa unificação em densidades extremas, onde as leis da física se comportam de forma diferente, permitindo transformações de propriedades fundamentais que são proibidas em regimes de baixa energia.
* **Números Multidimensionais:** A conjectura de que planos multidimensionais e geometrias não-cartesianas podem mediar a atuação entre forças distintas como gravidade e cargas. Isso forneceria o arcabouço matemático para explicar como a gravidade extrema em um buraco negro poderia influenciar a carga elétrica ou de cor de uma partícula.
* **Anatomia de Singularidades:** O estudo da estrutura interna das singularidades e suas propriedades topológicas ou de densidade.
* **Geometria Espaço-Temporal nas Bordas do H.E. utilizando Superfícies Não Orientáveis:** Como detalhado, a sugestão de que a topologia do espaço-tempo próximo ao horizonte de eventos pode ser descrita por superfícies não orientáveis (como a fita de Möbius ou a garrafa de Klein). Essas geometrias exóticas poderiam ter implicações diretas para as interações de partículas e para a alteração de suas propriedades, como a carga e a cor. A falta de orientabilidade poderia, em um nível fundamental, misturar conceitos de "dentro"e "fora"ou "partícula"e "antipartícula"de maneiras não intuitivas, facilitando a "inversão"de propriedades.

Conclusão

A Conjectura da Radiação de Antimatéria propõe um mecanismo para explicar a assimetria matéria-antimatéria do Universo, centrando-se no papel dos buracos negros e singularidades. Ao sugerir que o campo gravitacional extremo nesses ambientes pode induzir a alteração de cargas (elétrica e de cor) em partículas, a conjectura abre caminho para uma compreensão mais profunda da relação intrínseca entre gravitação e física de partículas.

As conexões com outras conjecturas, como a unificação de forças, a teoria dos números multidimensionais e a exploração de **geometrias espaço-temporais exóticas** (como superfícies não orientáveis, e.g., fita de Möbius e garrafa de Klein) nas bordas do horizonte de eventos, indicam uma tentativa de construir um modelo cosmológico coeso e abrangente. A ideia de que a topologia do espaço-tempo poderia levar à **"inversão de carga e cor"** é um aspecto particularmente intrigante que merece investigação profunda.

Referências

[1] Carroll, S. M. (2004). *Spacetime and Geometry: An Introduction to General Relativity*. Addison Wesley.

[2] Hawking, S. W. (1975). Particle Creation by Black Holes. *Communications in Mathematical Physics*, 43(3), 199-220.

[3] Kolb, E. W., & Turner, M. S. (1990). *The Early Universe*. Addison-Wesley.

[4] Kostelecký, V. A. (2004). CPT Violation. In *Proceedings of the Eleventh International Conference on Hadron Spectroscopy: HADRON2005*. AIP.

[5] Misner, C. W., Thorne, K. S., & Wheeler, J. A. (1973). *Gravitation*. W. H. Freeman and Company.

[6] Nakahara, M. (2003). *Geometry, Topology and Physics*. CRC Press.

[7] Peskin, M. E., & Schroeder, D. V. (1995). *An Introduction to Quantum Field Theory*. Westview Press.

[8] Polchinski, J. (1998). *String Theory, Vol. 1: An Introduction to the Bosonic String*. Cambridge University Press.